

OBSERVATIONS ET EXPÉRIMENTATIONS SUR L'IRRIGATION DES COTONNIERS AU MANGOKY (Madagascar)

L. RICHARD

Chef de la Division d'Agronomie
de l'I.R.C.T.

par

et

M. BERGER

Section d'Agronomie de la Station I.R.C.T.
de TANANDAVA (Madagascar)

ÉTUDE DES BESOINS EN EAU DU COTONNIER

MÉTHODE D'ÉTUDE

La consommation en eau d'une culture peut être estimée en fonction des variations d'humidité du sol, compte tenu des apports d'eau de pluie et d'irrigation.

La formule suivante donne la hauteur d'eau consommée (h cm) entre le temps t_0 et le temps t_1 .

$$h \text{ cm} = \frac{(Ht_0 - Ht_1) \times d \times e}{100}$$

- Ht_0 : humidité moyenne du profil au temps t_0 ;
- Ht_1 : humidité moyenne du profil au temps t_1 ;
- d : densité du sol en place ;
- e : profondeur du sol, exprimée en centimètres, où se produisent les mouvements de l'eau.

L'eau de pluie et d'irrigation s'ajoute à h pour connaître la consommation exacte de la culture.

Avant d'entreprendre cette étude, il faut connaître la densité du sol, la capacité de rétention et la limite inférieure d'humidité du sol au-delà de laquelle la culture souffre d'une alimentation en eau réduite.

La densité est mesurée au densitomètre à membrane pour les différents horizons du profil pédologique.

La capacité de rétention peut être déterminée au laboratoire pour un $pF = 3$; mais nous préférons une mesure plus proche de la réalité, obtenue en mesurant l'humidité du terrain quarante-huit heures après une réhumidification importante.

La limite inférieure d'humidité compatible avec une bonne alimentation en eau est variable suivant les terrains, mais nous pouvons retenir la valeur de 70 à 75 % de celle de la capacité de rétention au champ.

Dans nos essais, le taux d'humidité d'un échantillon de sol est estimé par pesée avant et après dessiccation à l'étuve à 110°C pendant trente-six heures.

Nous donnons en exemple la consommation en eau d'un terrain sous culture cotonnière en Algérie.

Caractéristiques du terrain

- $d = 1,5$;
- Capacité au champ : 25 % ;
- Limite inférieure d'humidité : 20 %.

Profils hydriques

Profondeur du sol en cm	2 août	12 août
0 - 10	26,5	16,4
10 - 20	26,0	16,8
20 - 30	25,8	17,0
30 - 40	26,0	18,3
40 - 50	25,4	18,2
50 - 60	25,0	20,5
60 - 70	24,9	21,4
70 - 80	24,7	22,3
80 - 90	24,9	24,2
90 - 100	24,0	25,0
moyenne	25,3	20,0

Consommation

$$h \text{ cm} = \frac{(25,3 - 20,0) \times 1,5 \times 100}{100} \# 8 \text{ cm/10 jours}$$

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Une parcelle expérimentale de 50 m × 50 m avait été mise en place pour tester non seulement les besoins en eau du cotonnier mais aussi quatre dates d'arrêt des irrigations. En raison des interactions entre parcelles, nous ne donnerons que les résultats de l'étude des besoins en eau sur une parcelle de 50 m × 12 m réservée à la date d'arrêt des irrigations la plus tardive.

Profil du terrain

0 cm à 30 cm : Alluvions limono-argileuses avec présence de sables doux provenant de l'horizon inférieur par suite des opérations culturales.

30 à 190 cm : Sables roux.

+ 190 cm : Argile hydromorphe imperméable.

Capacité de rétention

La capacité de rétention avait été estimée à 18 %, pF3 au laboratoire. En fait, la capacité au champ doit se situer pour les sables roux de l'essai aux environs de 12 %.

Limite inférieure d'humidité

La limite a été choisie dans un premier temps à 12 % en se basant sur une capacité de rétention de 18 % pour être ramenée à 9 % lorsque nous avons constaté que la capacité de rétention était limitée à 12 %.

Densité du sol en place

0 à 15 cm = 1,2 ;

15 à 30 cm = 1,5 ;

+ 30 cm = 1,7.

Densité moyenne entre 0 et 200 cm = 1,60.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Observations sur le profil 0-100 cm

Le dispositif d'irrigation assez rudimentaire dont nous disposons nous avait conduits à donner aux irrigations un volume fixe de 700 m³/ha. Celui-ci pouvait être facilement mis en réserve dans un mètre de sol en se basant sur un intervalle d'humidité utile de 13 à 13 %.

$$\frac{(18 - 13) \times 1,6 \times 100}{100} = 8 \text{ cm} = 800 \text{ m}^3/\text{ha}$$

En fait, dès les premières irrigations, nous avons constaté que ces données 18 % et 13 % étaient surestimées comme l'indiquent les profils ci-dessous : une quantité d'eau importante percolait en profondeur au-delà de un mètre.

Profondeur du sol en cm	4 mars avant irrigation	Irrigation 700 m ³ /ha le 4 mars	6 mars 48 h après irrigation
0 - 20	11,3		9,5
20 - 40	9,2		11,4
40 - 60	9,3		11,1
60 - 80	11,0		13,1
80 - 100	12,0		14,8
	moyenne 10,7		12,0

Eau mise en réserve entre 0 - 100 cm :

$$\frac{(12,0 - 10,7) \times 1,6 \times 100}{100} = 2,1 \text{ cm soit } 210 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Perte en profondeur voisine de 500 m³/ha.

Profondeur du sol en cm	14 mars avant irrigation	Irrigation 700 m ³ /ha le 14 mars	16 mars 48 h après irrigation
0 - 20	12,7		14,9
20 - 40	10,8		11,9
40 - 60	11,0		12,7
60 - 80	10,9		14,0
80 - 100	12,5		14,5
	moyenne 11,6		13,6

Eau mise en réserve entre 0 - 100 cm :

$$\frac{(13,6 - 11,6) \times 1,6 \times 100}{100} = 3,2 \text{ cm soit } 320 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Perte en profondeur voisine de 400 m³/ha.

Sur les profils des 6 et 16 mars après ressuyage, nous voyons que la capacité de rétention est voisine de 12 %-13 % et non de 18 %. Nous avons donc décidé de maintenir le volume des irrigations à 700 m³/ha mais d'observer l'évolution des profils de 0 à 200 cm au lieu de 0 à 100 cm pour savoir si l'eau percolée en profondeur était utilisée par les cotonniers.

Observations sur le profil 0-200 cm

Profondeur du sol, en cm	5 avril avant irrigation	irrigation 700 m ³ /ha le 5 avril	7 avril 48 h après irrigation	22 avril
0 - 20	12,2		17,2	10,1
20 - 40	10,1		15,7	9,3
40 - 60	10,0		14,7	9,9
60 - 80	10,7		13,4	9,7
80 - 100	11,3		13,8	10,2
100 - 120	13,5		15,3	11,7
120 - 140	14,3		16,0	13,5
140 - 160	17,5		15,3	14,4
160 - 180	14,7		14,8	14,5
180 - 200	12,8		13,9	13,5
moyenne	12,7		15,0	11,7

Eau mise en réserve entre 0 - 200 cm :

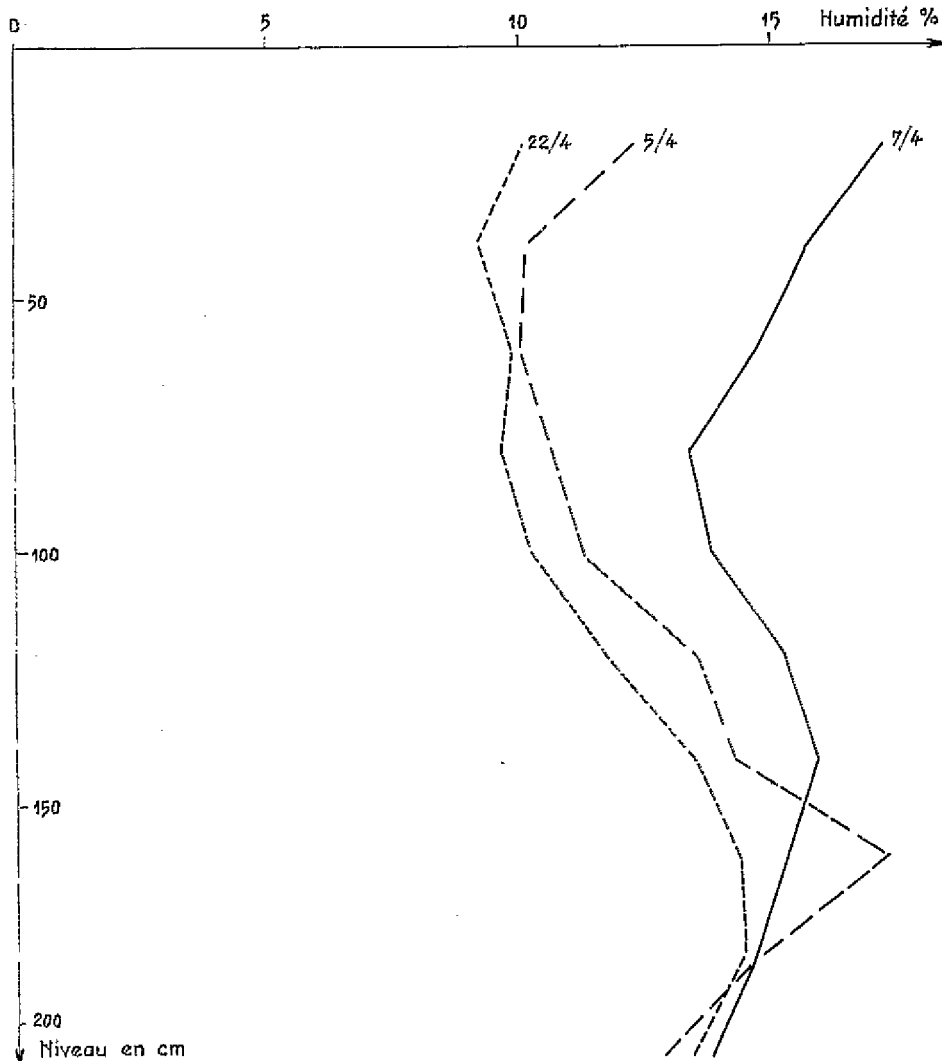
$$\frac{(15,0 - 12,7) \times 1,6 \times 200}{100} = 7,36 \text{ cm soit } 736 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation de la culture entre le 7 avril et le 22 avril :

$$\frac{(15,0 - 11,7) \times 1,6 \times 200}{100} = 10,6 \text{ cm soit } 1060 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation journalière entre 7 avril et le 22 avril :

$$\frac{1060}{15} = 70 \text{ m}^3/\text{jour, soit } 7 \text{ mm/jour.}$$



Graphique 1

Profondeur du sol, en cm	22 avril avant irrigation	irrigation 700 m ³ /ha le 22 avril	24 avril 48 h après irrigation	10 mai
0 - 20	10,1		14,8	8,3
20 - 40	9,3		12,3	8,3
40 - 60	9,9		11,5	8,5
60 - 80	9,7		11,4	9,3
80 - 100	10,2		11,2	9,9
100 - 120	11,7		12,3	10,6
120 - 140	13,5		14,8	12,0
140 - 160	14,4		15,4	13,3
160 - 180	14,5		16,6	13,4
180 - 200	13,5		14,6	15,1
moyenne	11,7		13,5	10,9

Eau mise en réserve quarante-huit heures après l'irrigation de 700 m³/ha entre 0 et 200 cm :

$$\frac{(13,5 - 11,7) \times 1,6 \times 200}{100} = 5,8 \text{ cm soit } 580 \text{ m}^3/\text{ha}$$

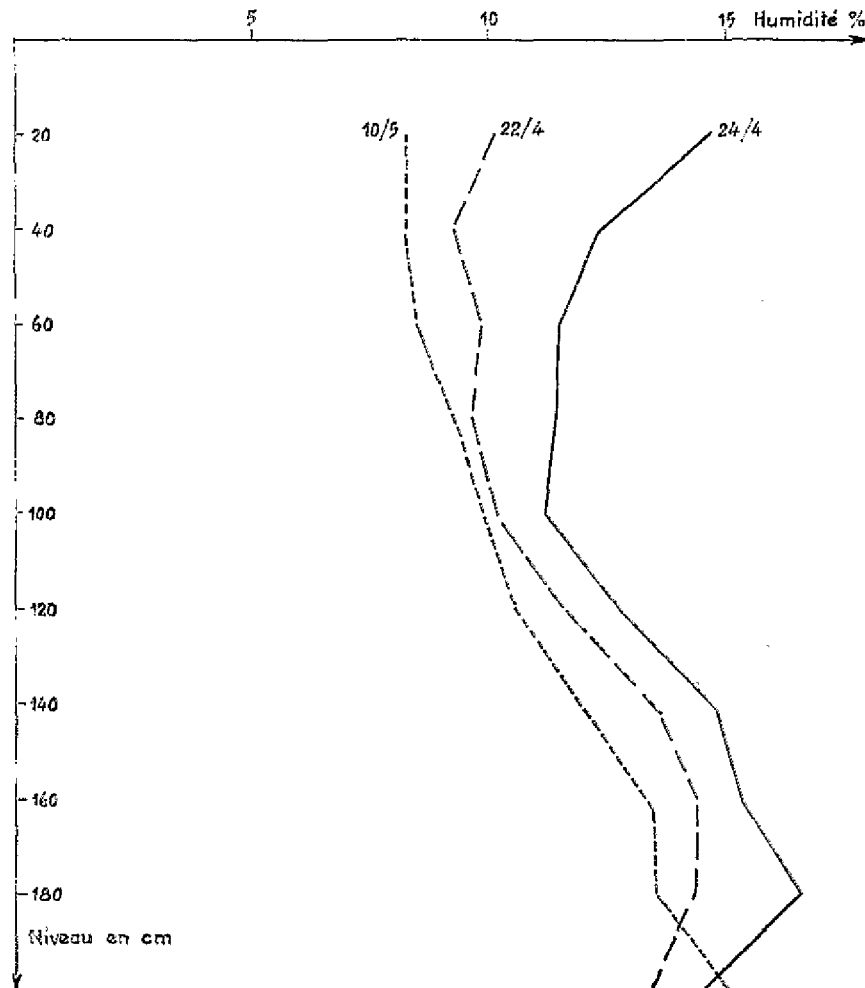
Consommation de la culture entre 24 avril et le 10 mai :

$$\frac{(13,5 - 10,9) \times 1,6 \times 200}{100} = 8,3 \text{ cm soit } 830 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation journalière entre 24 avril et le 10 mai :

$$\frac{830}{16} = 52 \text{ m}^3/\text{jour, soit } 5,2 \text{ mm/jour.}$$

Nous constatons qu'après l'irrigation du 22 avril, les variations d'humidité des profils avant et après cette irrigation n'indiquent que 580 m³/ha d'eau mis en réserve ; de même la consommation journalière de 5,2 mm/jour nous paraît anormalement faible. On peut supposer que l'humidité du profil du 24 avril a été sous-estimé par suite d'une erreur expérimentale.



Graphique 2

Profondeur du sol, en cm	10 mai avant irrigation	irrigation 700 m ³ /ha le 10 mai	12 mai 48 h après irrigation	20 mai
0 - 20	8,3		17,5	12,4
20 - 40	8,3		11,7	9,4
40 - 60	8,5		10,8	9,7
60 - 80	9,3		10,4	9,2
80 - 100	9,9		10,3	9,1
100 - 120	10,6		11,0	10,4
120 - 140	12,0		12,5	10,8
140 - 160	13,3		13,7	12,6
160 - 180	13,4		16,6	12,7
180 - 200	15,1		14,2	14,2
moyenne	10,9		12,9	11,0

Eau mise en réserve entre 0 - 200 cm quarante-huit heures après irrigation de 700 m³/ha :

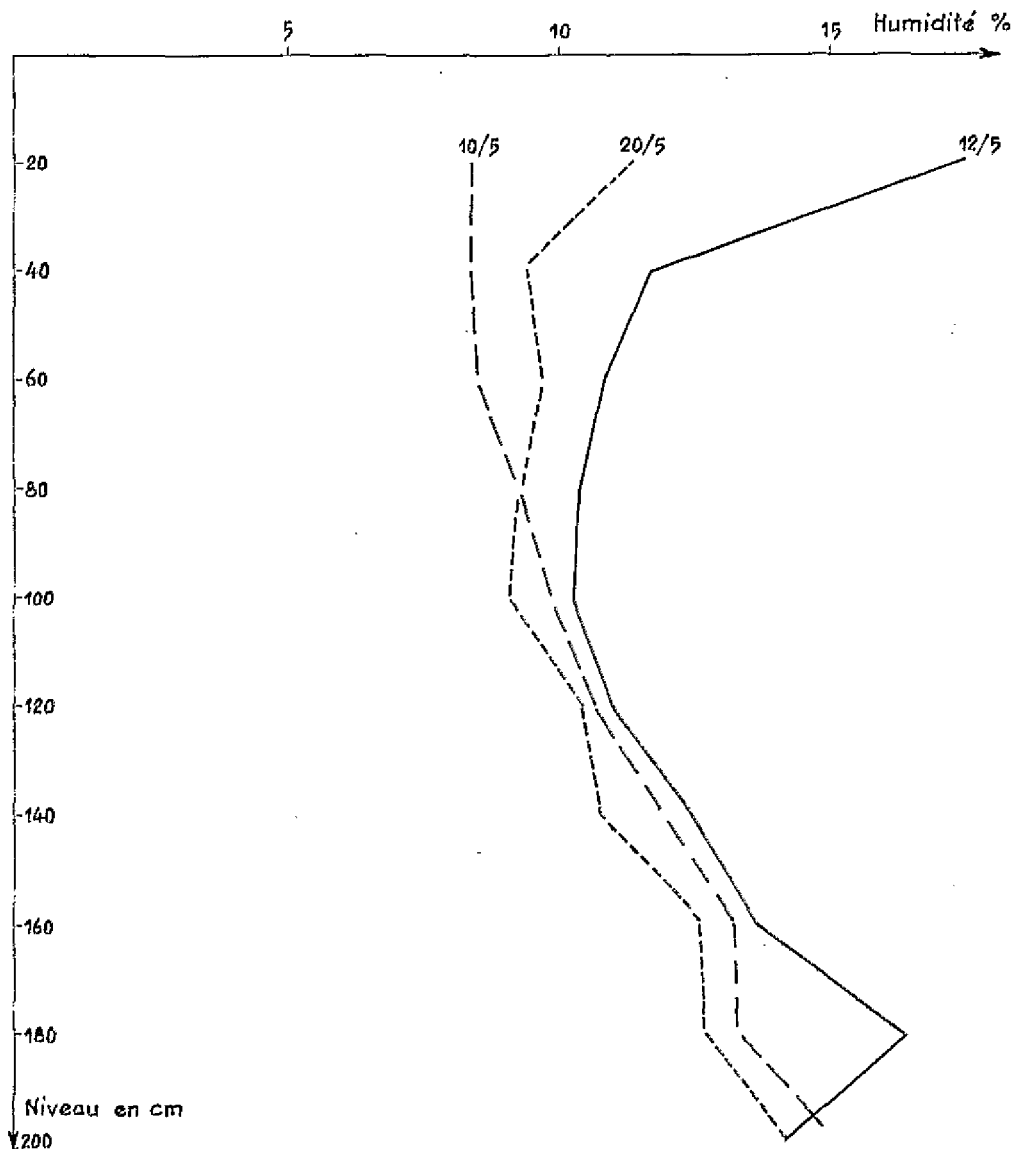
$$\frac{(12,9 - 10,9) \times 1,6 \times 200}{100} = 640 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation de la culture entre le 12 mai et le 20 mai :

$$\frac{(12,9 - 11,0) \times 1,6 \times 200}{100} = 6,1 \text{ cm soit } 610 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation journalière entre 12 mai et le 20 mai :

$$\frac{610}{8} = 76 \text{ m}^3/\text{jour, soit } 7,6 \text{ mm/jour.}$$



Graphique 3

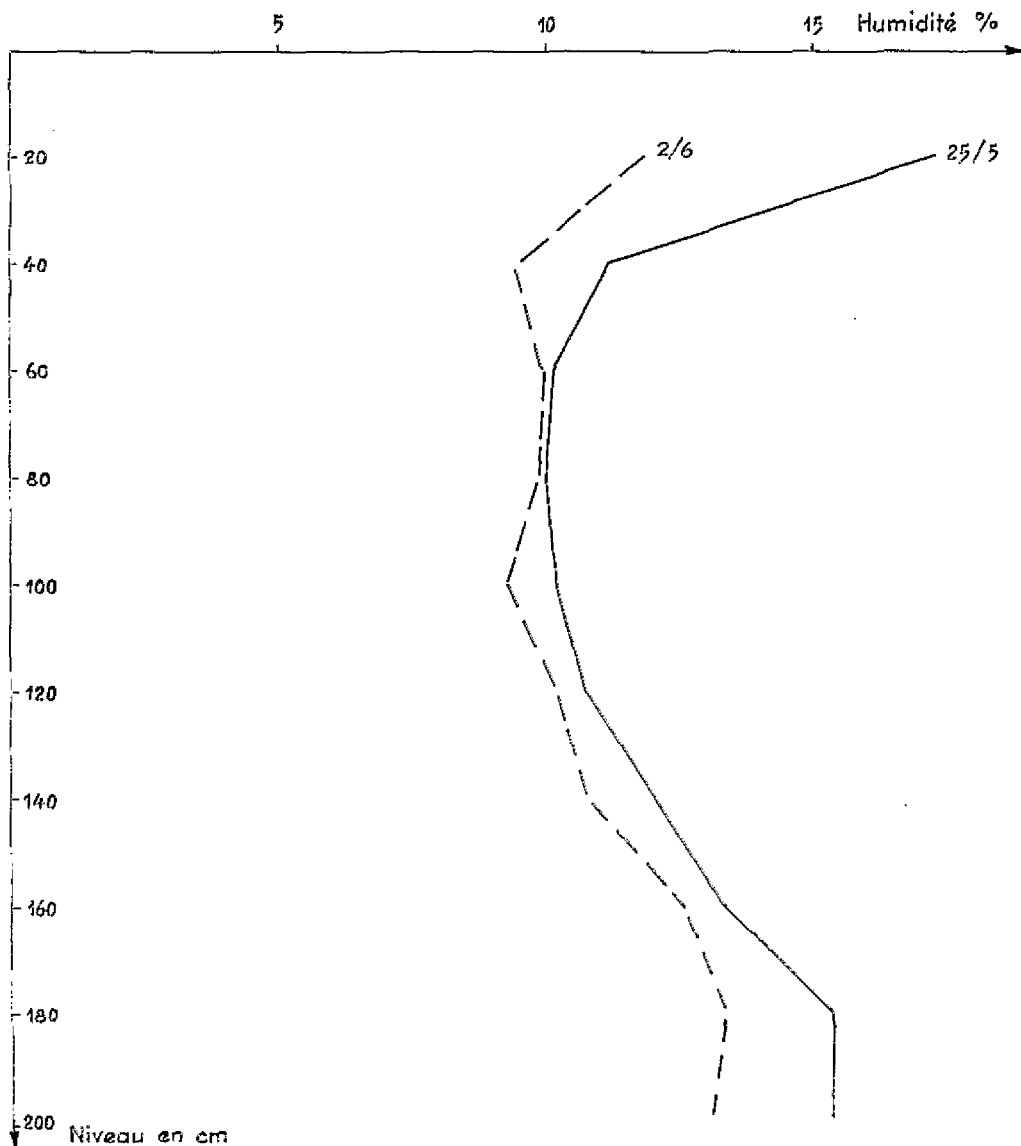
Profondeur du sol, en cm	25 mai	Pas d'irrigation entre le 25 mai et le 2 juin	2 juin
0 - 20	17,3		11,8
20 - 40	11,2		9,5
40 - 60	10,1		10,0
60 - 80	10,0		9,9
80 - 100	10,2		9,3
100 - 120	10,8		10,2
120 - 140	12,1		10,8
140 - 160	13,4		12,6
160 - 180	15,4		13,4
180 - 200	15,4		13,1
moyenne	12,6		11,1

Consommation de la culture entre le 25 mai et le 2 juin :

$$\frac{(12,6 - 11,1) \times 1,6 \times 200}{100} = 4,80 \text{ cm soit } 480 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation journalière entre le 25 mai et le 2 juin :

$$\frac{480}{8} = 60 \text{ m}^3/\text{jour, soit } 6 \text{ mm/jour.}$$



Graphique 4

Profondeur du sol, en cm	13 juin avant irrigation	irrigation 700 m ³ /ha le 13 juin	14 juin 24 h après irrigation	30 juin
0 - 20	14,3		22,8	11,2
20 - 40	10,4		13,1	8,9
40 - 60	9,8		13,1	9,5
60 - 80	10,0		12,0	9,3
80 - 100	9,5		9,4	9,8
100 - 120	10,2		11,2	
120 - 140	11,6		13,1	11,0
140 - 160	13,9		14,8	12,8
160 - 180	14,5		15,7	13,5
180 - 200	15,1		14,8	14,4
moyenne	11,9		14,0	11,1

Eau mise en réserve entre 0 - 200 cm vingt-quatre heures après une irrigation de 700 m³/ha :

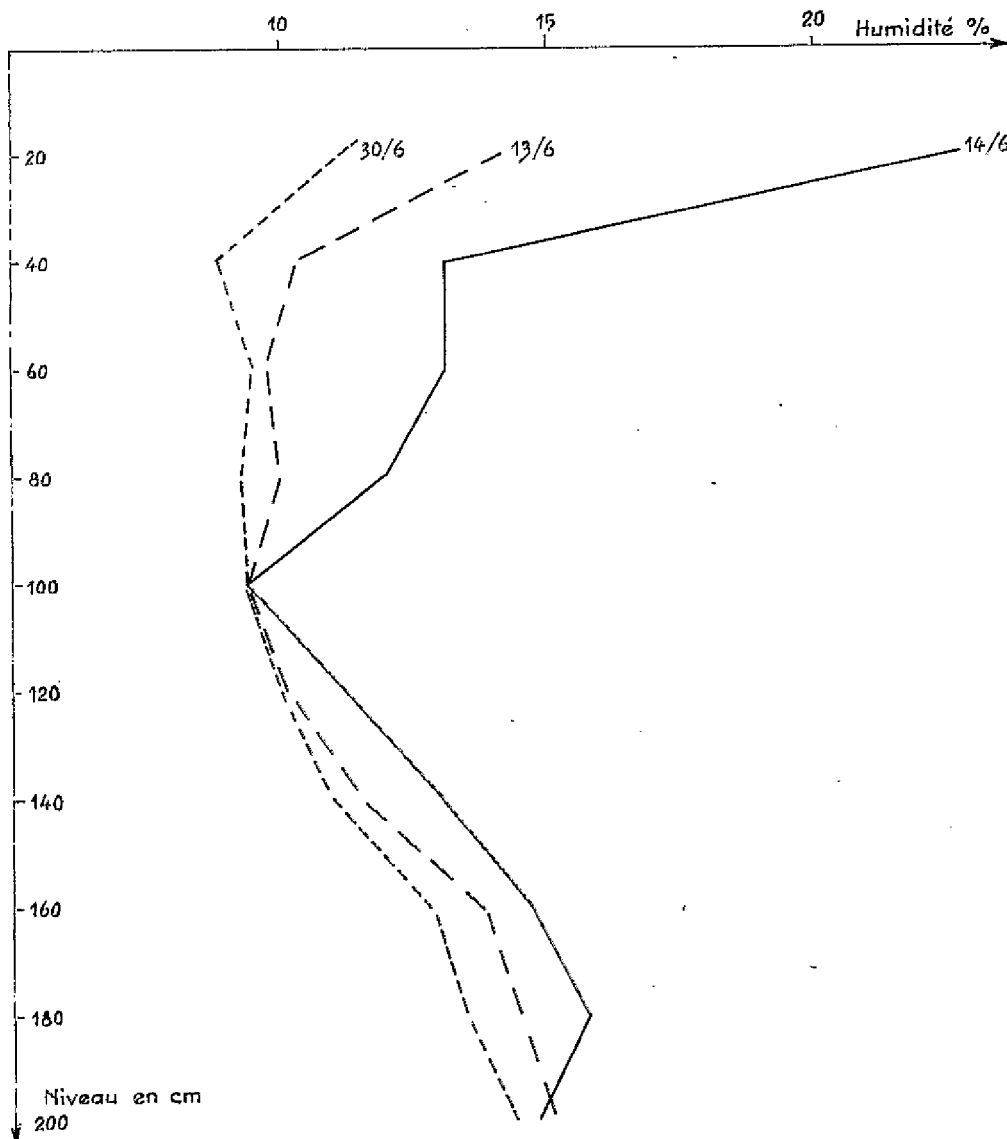
$$\frac{(14,0 - 11,9) \times 1,6 \times 200}{100} = 672 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation de la culture entre le 14 juin et le 30 juin :

$$\frac{(14,0 - 11,1) \times 1,6 \times 200}{100} = 9,31 \text{ cm soit } 930 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Consommation journalière entre le 14 juin et le 30 juin :

$$\frac{930}{16} = 58 \text{ m}^3/\text{jour, soit } 5,8 \text{ mm/jour.}$$



Graphique 5

CONCLUSIONS

L'observation des variations d'humidité du sol sous culture irriguée que nous venons de mentionner nous permet de retenir les points suivants :

1° - Sur sables roux alluvionnés, le cotonnier s'alimente jusqu'à deux mètres de profondeur : nous voyons très nettement sur les profils hydriques précédents que les mouvements de l'eau se font jusqu'à ce niveau. A deux mètres, au niveau de la couche imperméable argileuse, l'humidité est à peu près constante durant toute la période de culture en se maintenant à 15 %.

2° - Quarante-huit heures après les irrigations de 700 m³, nous retrouvons dans le sol :

736 m ³	pour l'irrigation du	5 avril
580 m ³	—	22 avril
640 m ³	—	10 mai
672 m ³	—	13 juin

Compte tenu de la consommation du cotonnier pendant quarante-huit heures, ces quantités correspondent bien au volume des irrigations ; il n'y a donc pas eu de perte par percolation.

3° - La consommation en eau d'une culture cotonnière s'établit aux environs de 6 mm/jour, soit 60 m³/ha/jour.

7 mm/jour	du 7 avril au 22 avril
5.2 mm/jour	du 24 avril au 10 mai
7.6 mm/jour	du 12 mai au 20 mai
6 mm/jour	du 25 mai au 2 juin
5.8 mm/jour	du 14 juin au 30 juin

Moyenne : 6.3 mm/jour.

La consommation de 5.2 mm/jour du 24 avril au 10 mai est vraisemblablement erronée comme nous l'indiquons précédemment : cette erreur est confirmée du fait qu'elle est encadrée par deux valeurs supérieures 7 et 7.6.

Cette valeur de 6 mm/jour se retrouve si nous considérons d'une part les états hydriques du sol au 29 mars et au 4 juillet, c'est-à-dire au début et à la fin des irrigations et, d'autre part, les quantités d'eau apportées par les irrigations et les pluies.

Humidité moyenne 0 - 200 cm au 29 mars = 14.3 ;
Humidité moyenne 0 - 200 cm au 4 juillet = 14.8.

Les deux teneurs en eau sont à peu de chose près équivalentes, toute l'eau apportée a donc été consommée sans qu'il y ait excès ou déficience.

Volume d'eau reçu par la culture :

7 irrigations de 700 m³ = 4 900 m³/ha

Pluviométrie 73 mm = 730 m³/ha

5 630 m³/ha

Ce volume d'eau a été consommé par la culture du 29 mars au 4 juillet en 97 jours.

Consommation journalière : $\frac{5630}{97} = 58 \text{ m}^3/\text{jour}$.

soit 5.8 mm/jour.

La consommation en eau d'une culture étant essentiellement fonction des données climatiques indépendamment des caractéristiques du sol, nous pourrions retenir ce chiffre de 6 mm/jour comme consommation moyenne du cotonnier au MANGOKY quels qu'ils soient les types de sol cultivés.

Il arrive fréquemment, au MANGOKY, que l'on soit obligé d'irriguer dès le mois de février : nos observations ne commencent qu'au 4 mars ; mais nous pensons que la consommation en eau des cultures en février est très voisine de celle des mois suivants car, si le coefficient d'évapotranspiration potentielle de février est supérieur à celui des mois suivants, par contre, la culture ne couvre pas encore le sol sur toute sa surface.

La date de départ des irrigations sera avant tout fonction de la date de semis du cotonnier. Semés précocement vers le 15 décembre, les cotonniers ont en février un bon enracinement qui leur permet d'exploiter l'eau des couches profondes du sol ; alors qu'un semis tardif du 15 janvier souffrira de la sécheresse en février dès que les vingt premiers centimètres du sol seront desséchés, même s'il y a encore de l'humidité en profondeur.

Dans l'essai que nous venons d'exposer, nous avons poursuivi les irrigations jusqu'au mois de juillet ; cette date est vraisemblablement trop tardive, les derniers apports d'eau ne donnant qu'un faible surcroît de production. En 1962, nous avons mis en place une expérimentation pour déterminer la date optimale d'arrêt des irrigations qui devrait, a priori, se situer vers la fin du mois de mai ou le début de juin.

A l'intérieur d'un réseau, un rythme d'irrigation de dix jours paraît tout à fait convenable ; ce sont donc des irrigations de 600 m³/ha qu'il faudrait apporter au cotonnier. L'humidité du sol variant entre 10 et 13 %, ces 600 m³ peuvent être mis en réserve dans une épaisseur de sol de 125 cm ; il n'y a donc aucune crainte de perte d'eau en profondeur, au cas où il n'y aurait pas d'horizon argileux arrêtant la percolation.

Si, sous un même climat, la consommation du cotonnier est identique suivant les différents types de terrain, le mode d'irrigation, par contre, sera essentiellement fonction des caractéristiques du sol. Il est donc indispensable d'étudier la conduite des irrigations sur les différents sols du BAS-MANGOKY. Cette étude a été conduite en 1962 sur sables roux alluvionnés et sur alluvions argilo-limoneuses reposant sur des alluvions limoneuses micacées.

CONDUITE DES IRRIGATIONS SUR SABLES ROUX ALLUVIONNÉS ET SUR ALLUVIONS ARGILLO-LIMONEUSES

PRINCIPES DE L'EXPÉRIMENTATION

Nous avons vu, précédemment, que l'alimentation en eau du cotonnier au MANGOKY nécessitait un apport de 600 m³/ha tous les dix jours. Si ce volume est indépendant de la nature du terrain, par contre le mode d'irrigation est sous la dépendance directe de ses caractéristiques : perméabilité, pente, longueur de la raie à irriguer. Leurs effets conjugués conduisent finalement à définir le débit à donner en tête de raie. Ce débit est la donnée principale nécessaire à l'organisation d'un réseau d'irrigation.

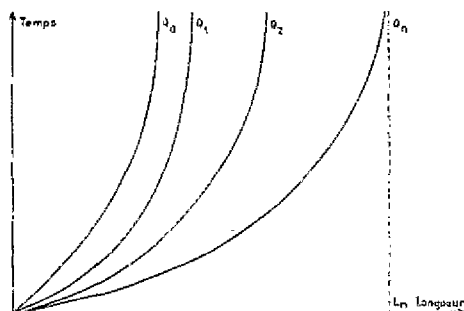
En 1962, le calcul du débit à donner à la raie a été effectué sur deux types de sols du MANGOKY : sables roux et alluvions argillo-limoneuses reposant sur des alluvions limoneuses micacées. Ultérieurement, nous poursuivrons ce travail sur les autres types de sols au fur et à mesure des aménagements.

L'irrigation, pour être correcte, doit apporter la dose choisie d'une façon uniforme tout au long de la raie sans qu'il y ait de perte au drain. Il faut donc envoyer l'eau aussi vite que possible en bout de raie et poursuivre l'irrigation avec un débit en tête égal au débit qui s'infiltre dans le sol sous toute la longueur de cette raie. La mesure du débit d'infiltration a donc été notre premier but ; nous l'avons réalisée suivant la méthode proposée par CRIDDLE aux U.S.A.

MESURE DU DÉBIT D'INFILTRATION

Si nous envoyons un débit connu Q_0 en tête de raie, l'eau va progresser plus ou moins vite suivant la pente et la perméabilité du terrain, cette progression se ralentira avec le temps et finira par s'annuler à une distance L_0 . A ce moment, le débit en tête de raie équilibre le débit d'infiltration sur la longueur L_0 . Il est possible de tracer la courbe de progression de l'eau en fonction du temps en relevant l'heure de passage de l'eau devant des piquets disposés tous les dix mètres dans la raie.

Nous donnons, ci-dessous, en exemple théorique une famille de courbes obtenue en donnant à Q des valeurs distinctes Q_0 , Q_1 , Q_2 , etc., où l'on voit qu'à une raie de longueur L_n correspond un débit d'infiltration Q_n (graphique 6).



Graphique 6

EXPÉRIMENTATION SUR SABLES ROUX

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté sur sables roux peu alluvionnés, la pente générale du terrain est de 2,5 ‰ et nous disposons de raies de 120 m de long. Les différents débits sont obtenus par des siphons calibrés plongeant dans une rigole où le niveau de l'eau est maintenu constant.

Quatre débits ont été expérimentés : 0,30, 0,40, 0,75 et 0,90 l/s ; à chacun de ces débits correspondaient cinq ou six raies, mais aucune mesure n'a été effectuée sur les raies de bordure, la progression pouvant y être plus lente que sur les raies centrales en raison des infiltrations latérales.

Résultats

Débit 0,30 l/s

N°raie	1	2	3	4	Moy.
Distance en m	Temps en minute				
10	4	3	3	3	3
20	8	8	8	10	8
30	14	15	14	19	15
40	22	26	23	33	26
50	29	33	29		
60	62		55		

La progression est nulle au-delà de 60 m.

Pour tracer la courbe moyenne de progression, nous n'avons utilisé que les données relatives aux quarante premiers mètres.

Débit 0,40 l/s

N°raie	1	2	3	Moyennes
Distance en m	Temps en minute			
10	6	6	5	6
20	14	14	11	13
30	21	27	17	22
40	31	36	24	30
50	40	45	33	39
60	52	55	43	50
70	74	72	58	68
80	103	101	78	94
90	141	135	124	140

L'eau ayant mis près de cinquante minutes pour parcourir les dix derniers mètres, nous pouvons estimer que la limite de progression se situe vers 90 mètres.

Débit 0,75 l/s

L'essai a été réalisé deux fois sur cinq raies, les mesures ne portent que sur les trois raies centrales.

N°raie	1	2	3	4	5	6	Moyennes
Distance en m	Temps en minutes						
10	4	2	2	6	1	2	2
20	7	4	5	10	5	5	5
30	9	11	12	14	9	9	10
40	13	14	17	17	13	12	14
50	18	17	21	23	18	16	18
60	23	22	29	35	22	20	23
70	31	30	47	49	29	26	33
80	37	41	53	90	41	34	42
90	46	65			60	44	61
100	56	93			79	56	71
110	69	118			98	68	106
120	96				126	93	

On peut considérer que la progression s'annule à 120 m.

Débit 0,90 l/s

N°raie	1	2	3	Moyennes
Distance en m	Temps en minutes			
10	2	2	2	2
20	4	4	5	4
30	7	6	9	7
40	11	10	11	11
50	15	12	15	14
60	20	18	19	19
70	25	23	24	24
80	30	29	28	29
90	37	40	34	37
100	44	48	38	43
110	51	59	43	51
120	62	80	50	64

La progression de l'eau n'était pas arrêtée à 120 m et aurait pu se poursuivre au-delà si les raies avaient été plus longues. Nous avons tracé sur le graphique n° 7 les courbes de progression de l'eau en fonction des débits donnés en tête de raie. Nous remarquons une légère anomalie de la courbe correspondant au débit 0,40 l/s; elle devrait se trouver entièrement sous la courbe 0,30 l/s, une pente réduite en début de raies sur la parcelle 0,40 l/s peut expliquer cette progression anormalement lente.

Connaissant la progression extrême pour chacun des débits étudiés, il nous paraît possible de tracer la courbe du débit d'infiltration en fonction de la longueur de la raie (graphique n° 8). Dans notre essai, nous pouvons estimer quatre points de cette courbe.

Q en l/s	L en m
0,30	60
0,40	90
0,75	120
0,90	150

La dernière valeur (150) est obtenue par extrapolation.

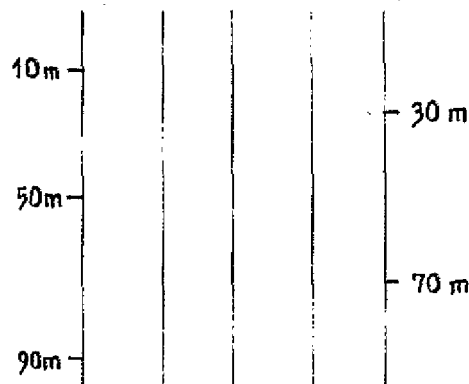
La courbe passe évidemment par l'origine et nous pouvons logiquement l'assimiler à une droite, le débit infiltre étant directement proportionnel à la longueur de la raie. Cette droite nous permet d'estimer le débit d'infiltration d'une raie quelle que soit sa longueur, tout au moins à l'intérieur des limites expérimentées (0 à 120 m).

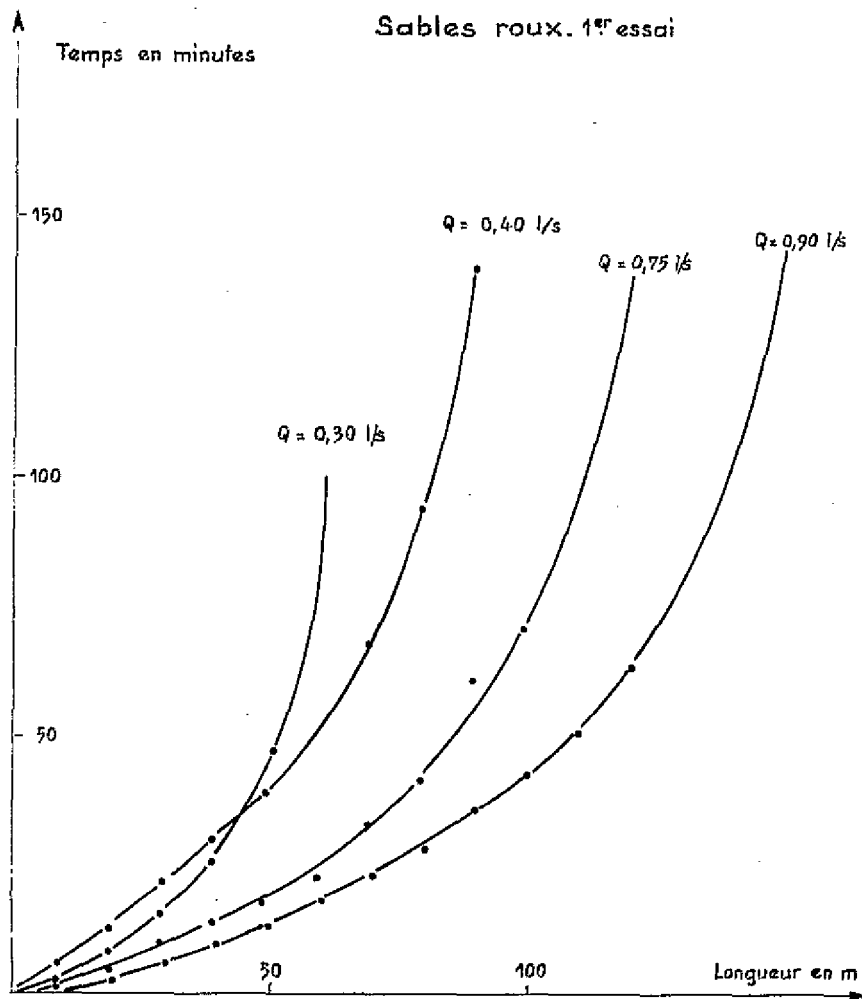
Réalisation d'une irrigation rationnelle — Contrôle de l'uniformité de l'irrigation

Nous avons exposé, précédemment, que pour réaliser une irrigation correcte, il fallait créer rapidement un plan d'eau sur toute la longueur de la raie et alimenter cette nappe en tête de raie sous un débit égal au débit d'infiltration de la nappe.

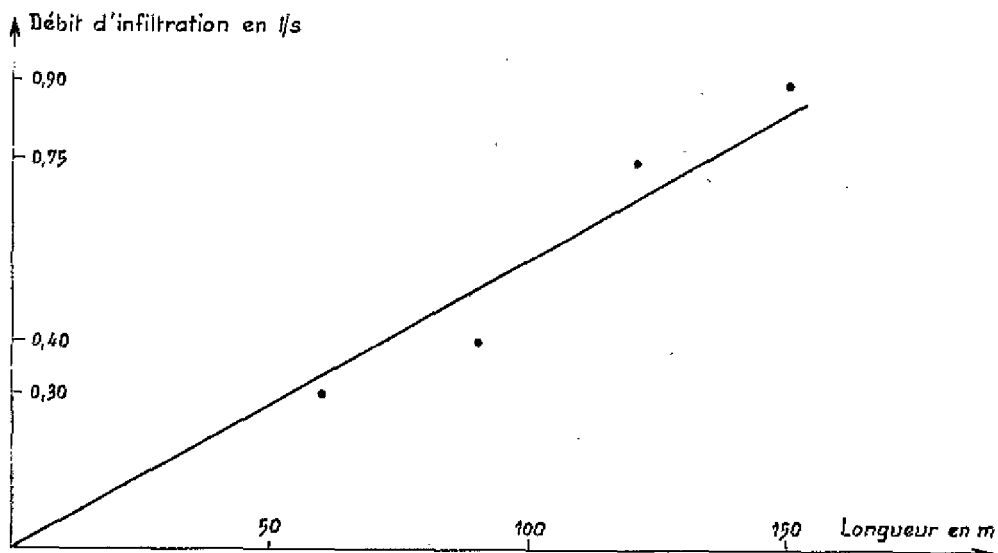
Dans l'essai réalisé, nous avons décidé d'apporter à cinq billons de 100 mètres de long une irrigation correspondant à 500 m³/ha. Pour des raisons matérielles, le débit d'infiltration a été fixé à 0,75 l/s, valeur peut-être un peu surestimée si l'on se réfère au graphique n° 8. Pour envoyer l'eau rapidement en bout de raie, sans que le débit soit érosif, nous l'avons fixé à 1,5 l/s, soit le double du débit d'infiltration. Le plan d'eau a été établi après vingt-quatre minutes de débit, soit 2 160 l, il restait alors à donner 2 835 l sous un débit de 0,75 l/s, ce qui a demandé 63 minutes d'irrigation. Après ces 87 minutes d'irrigation, l'eau avait progressé faiblement jusqu'à 110 mètres.

L'homogénéité de la répartition de l'eau a été testée par la réhumidification du sol. Avant l'irrigation, cinq prélèvements de terre ont été effectués selon le schéma suivant.





Graphique 7



Graphique 8

Profils hydriques de chacun de ces prélèvements.

Prélèvements Niveau	10 m	30 m	50 m	70 m	90 m
0 - 10	4,8	6,2	6,1	4,2	5,6
10 - 20	4,6	4,3	5,0	4,7	5,2
20 - 30	5,7	5,6	5,3	4,6	5,5
30 - 40	7,6	5,9	6,0	6,7	6,0
40 - 50	8,3	7,5	6,8	7,4	7,5
50 - 60	8,4	8,0	8,1	7,1	7,8
60 - 70	9,0	8,6	9,1	8,1	8,1
70 - 80	8,7	9,1	9,7	8,8	9,0
80 - 90	9,0	9,0	10,1	9,1	9,7
90 - 100	9,5	9,5	9,3	9,4	10,5
Moyenne	7,6	7,4	7,6	7,0	7,5

Quarante-huit heures après l'irrigation, cinq nouveaux prélèvements ont été effectués selon le schéma suivant :

	10 - m	
	30 - m	
	50 - m	
	70 - m	
	90 - m	

Profils hydriques.

Prélèvements Niveau	10 m	30 m	50 m	70 m	90 m
0 - 10	10,0	10,0	11,9	11,3	10,3
10 - 20	10,2	10,0	11,5	9,2	8,3
20 - 30	10,6	9,7	9,4	8,7	9,2
30 - 40	15,3	9,1	8,7	8,2	9,4
40 - 50	14,2	9,5	9,3	8,4	9,5
50 - 60	9,7	8,7	9,2	8,2	9,5
60 - 70	13,7	9,4	9,1	8,8	9,9
70 - 80	10,1	8,7	9,5	9,0	9,6
80 - 90	9,7	9,2	9,8	9,7	11,0
90 - 100	9,6	9,9	10,7	11,0	11,0
Moyenne	10,0	9,4	9,9	9,2	9,8

Les chiffres encadrés dans la colonne (10 m) paraissent très douteux, étant intercalés entre des valeurs nettement inférieures, ce qui ne se présente jamais dans un terrain homogène en profondeur. Devant cette incertitude, nous ne les avons pas inclus dans la moyenne.

Si nous comparons les valeurs moyennes des cinq profils avant et 48 heures après l'irrigation, nous constatons une parfaite réhumidification sur toute la longueur de la raie. L'irrigation a donc été donnée dans d'excellentes conditions.

Distance le long de la raie	Humidité moyenne du terrain entre 0 et 100 m, en %	
	avant irrigation	48 heures après irrigation
10 m	7,6	10,0
30 m	7,4	9,4
50 m	7,6	9,9
70 m	7,0	9,2
90 m	7,5	9,8
Moyenne	7,4	9,7

La réhumidification correspond bien aux 500 m³/ha données par l'irrigation.

$$(9,7 - 7,4) \times 1,6 = 3,7 \text{ cm soit } 370 \text{ m}^3/\text{ha}$$

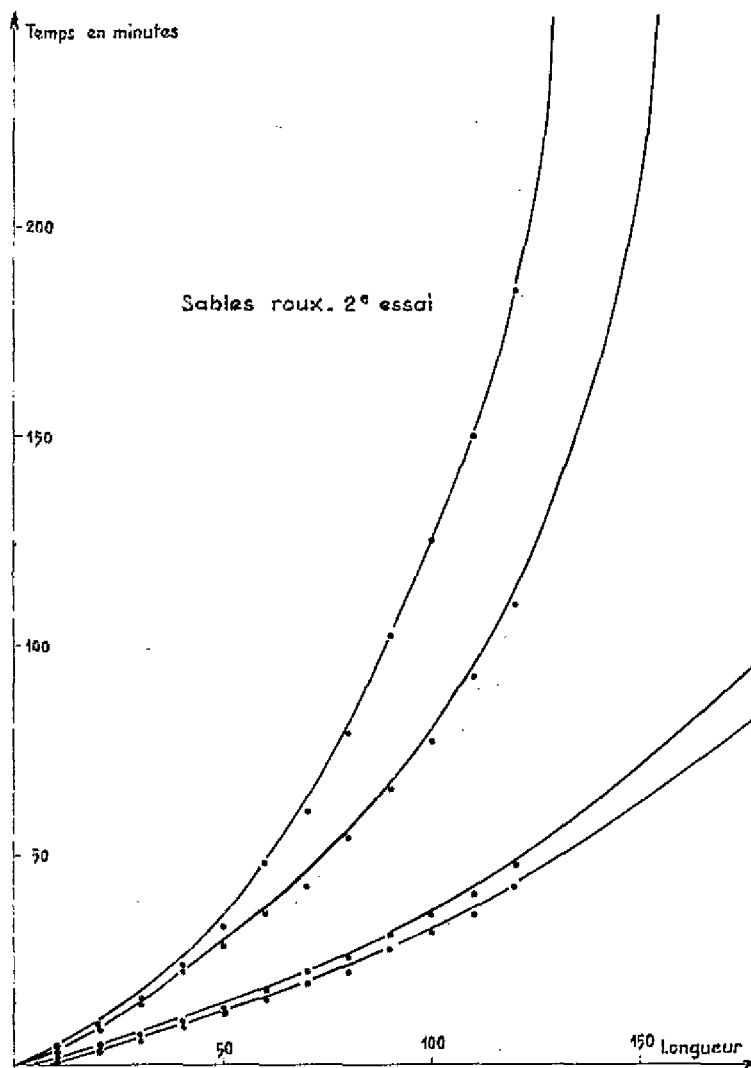
A ces 370 m³/ha, il faut ajouter deux jours de consommation d'eau par la culture, les profils réhumidifiés ayant été établis 48 heures après l'irrigation. Cette consommation représente 120 m³/ha d'après l'étude des besoins en eau réalisée en 1961. Nous arrivons donc à un total de 370 + 120 = 490 m³/ha.

Les 500 m³/ha d'eau ont donc été répartis uniformément sur la surface à irriguer sans qu'il y ait eu de pertes.

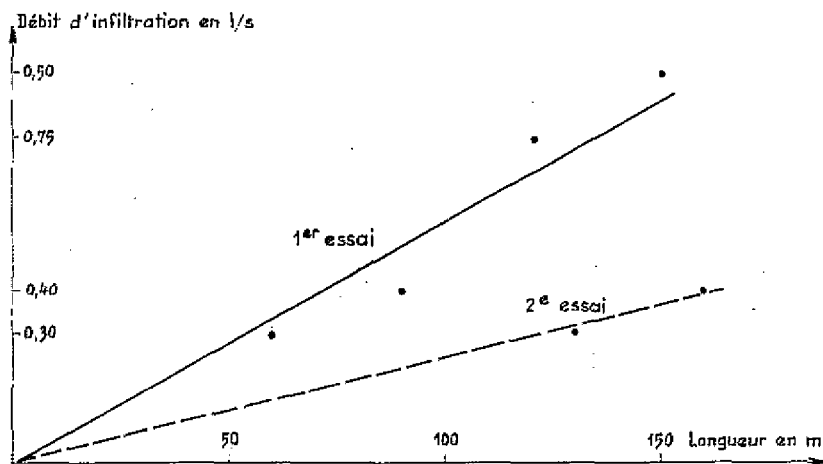
Pour vérifier la validité de ces résultats, nous avons choisi cinquante billons de 50 m de long, le débit d'infiltration correspondant à cette longueur sur le graphique n° 8 est de 0,3 l/s. Nous avons alors débuté l'irrigation avec un débit de 0,6 l/s jusqu'à ce que l'eau atteigne l'extrémité de la raie, poursuivant ensuite avec le débit d'infiltration de 0,3 l/s. Nous n'avons constaté une progression de l'eau au-delà des 50 m que sur quelques-unes des cinquante raies irriguées et jamais au-delà de 55 m. Il est donc possible d'irriguer des billons courts pendant 1 h 40 mn sans qu'il y ait de pertes d'eau au drain.

Trois semaines après ces premiers essais, nous avons voulu confirmer nos résultats par de nouvelles mesures des débits d'infiltration. Les résultats obtenus donnèrent des valeurs bien inférieures à celles trouvées précédemment. Le graphique n° 9 permet d'établir les comparaisons suivantes :

Longueur de la raie	Débit d'infiltration	
	1 ^{er} essai	2 ^e essai
50 m		
60 m	0,30 l/sec.	
90 m	0,40 l/sec.	
110 m	0,75 l/sec.	
130 m		0,30 l/sec.
140 m	0,90 l/sec.	
160 m		0,40 l/sec.



Graphique 9



Graphique 10

Le graphique n° 10 illustre cette comparaison : nous y avons porté la droite donnant les variations du débit d'infiltration en fonction de la longueur de la raie figurant déjà au graphique n° 8 et cette même variation déduite du deuxième essai. Nous constatons donc une diminution très nette de la perméabilité en cours de culture, conséquence d'un colmatage du sol sous l'effet de l'eau.

Il est possible qu'un scarifiage léger de la raie permette de maintenir la perméabilité à son niveau primitif, cette opération culturale ne peut d'ailleurs qu'être bénéfique à la culture. Des essais devront être entrepris dans ce sens au cours de la prochaine campagne. Par ailleurs, toute action tendant à stabiliser la structure du sol contribuera à améliorer la perméabilité du sol.

EXPÉRIMENTATION SUR ALLUVIONS ARGILO-LIMONEUSES

La détermination des débits infiltrés dans ce type de sol a été réalisée sur la parcelle sud de la Terrasse I de l'Unité-Pilote. Ces sols sont très imperméables, à forte pente et présentent fréquemment des taches de flétrissement.

La pente moyenne de la parcelle expérimentale est de 4,5 ‰ et la longueur des raies ne dépasse pas 90 m. Ces mauvaises conditions d'irrigation nous ont conduits à expérimenter des débits faibles : 0,30, 0,40 et 0,60 l/s.

Résultats expérimentaux

Débit 0,30 l/s

N° raie	1	2	3	4	5	Moyenne
Distance en m	Temps en minutes					
10	5	3	5	4	5	4
20	12	8	14	10	12	11
30	17	13	21	19	20	18
40	24	18	35	27	31	27
50	34	30	50	39	47	40
60	51	48	70	56	60	57
70	74	69	93	72	75	78
80		92		98		
90				126		

Débit 0,40 l/s

N° raie	1	2	3	4	Moyenne
Distance en m	Temps en minutes				
10	4	4	6	6	5
20	11	9	11	11	10
30	16	16	16	15	16
40	27	23	22	22	23
50	36	32	30	29	32
60	45	41	41	40	42
70	57	53	55	57	54
80	70	64	66	68	67
90	68	76	88	87	85

Débit 0,60 l/s

N° raie	1	2	3	4	5	Moyenne
Distance en m	Temps en minute					
10	3	3	3	3	3	3
20	8	6	8	9	7	8
30	12	10	11	12	11	11
40	17	16	16	20	17	17
50	23	22	22	25	24	23
60	29	29	30	34	34	31
70	43	40	38	43	47	42
80	55	48	49	53	63	54
90	68	54	57	63	82	65

Les courbes de progression de l'eau en fonction du temps sont tracées pour chaque débit sur le graphique n° 11 en extrapolant au-delà des valeurs observées pour estimer la distance à laquelle la progression devrait s'annuler. Ces distances reportées sur le graphique n° 12 en fonction des débits nous montrent que la percolation dans cet essai est beaucoup plus faible que dans l'essai sur sables roux, ce qui n'a rien de surprenant étant donné la nature du terrain et sa pente.

D'après ces résultats, pour une longueur de raie de 100 m, nous devrions adopter les débits suivants :

— Débit d'attaque : 0,7 l/s ;

— Débit d'entretien : 0,35 l/s.

Pour une irrigation à la dose de 600 m³/ha, les temps d'irrigation se décomposeraient ainsi :

Débit d'attaque : 60 mn env. à 0,7 l/s 2 520 l

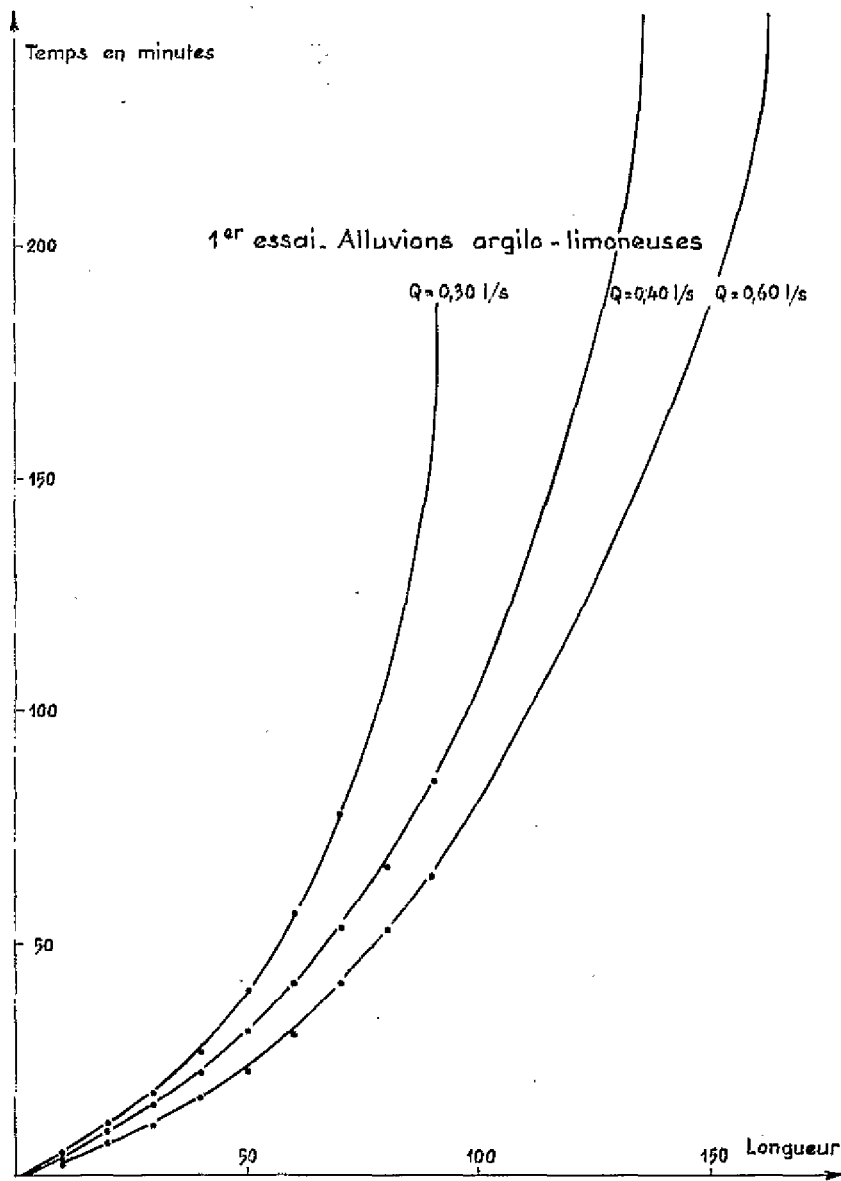
Débit d'entretien : 165 mn env. à 0,35 l/s 3 480 l

Total : 225 mn = 3 h 45 mn 6 000 l

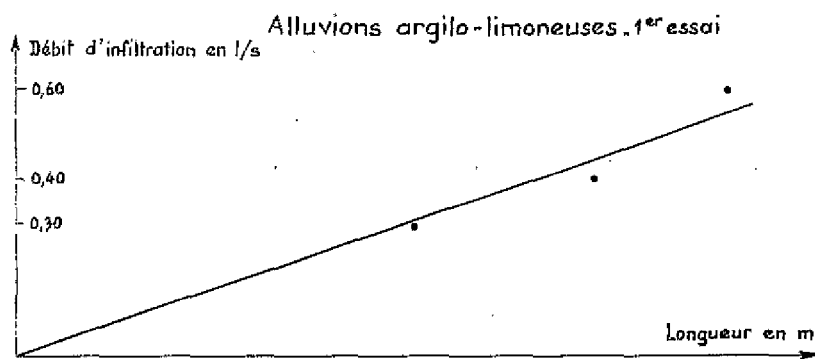
Ce temps de 3 h 45 mn est particulièrement long ; il ne doit pas varier d'ailleurs avec la longueur de la raie, seuls les débits varient dans ce cas.

Après irrigation, nous avons constaté une dégradation inquiétante du terrain, le creux de la raie était recouvert d'une croûte feuilletée de 3 cm d'épaisseur provenant de la dispersion des éléments fins en cours d'irrigation. Avant de poursuivre l'étude de la conduite des irrigations sur ces sols, nous avons voulu répéter la mesure des débits d'infiltration sur le même emplacement, comme nous l'avions fait dans l'expérimentation sur sables roux, pour tester l'influence de l'instabilité de la structure du sol sur sa perméabilité.

Pressentant une diminution de perméabilité, nous avons réduit les débits étudiés par rapport au premier essai.



Graphique 11



Graphique 12

Débit 0,10 l/s

N° raie	1	2	3	4	5	6	7	8	Moy.
Distance en m	Temps en minute								
10	9	5	10	21	14	7	8	8	10
20	21	17	21	33	27	22	22	22	23
30	44	37	35	49	50	48	37	44	43
40	87	67	60	81	83	97	63	93	79
50	130	101	83	125	125	156	93	133	118
60	190	149	124	174			125		
70							165		

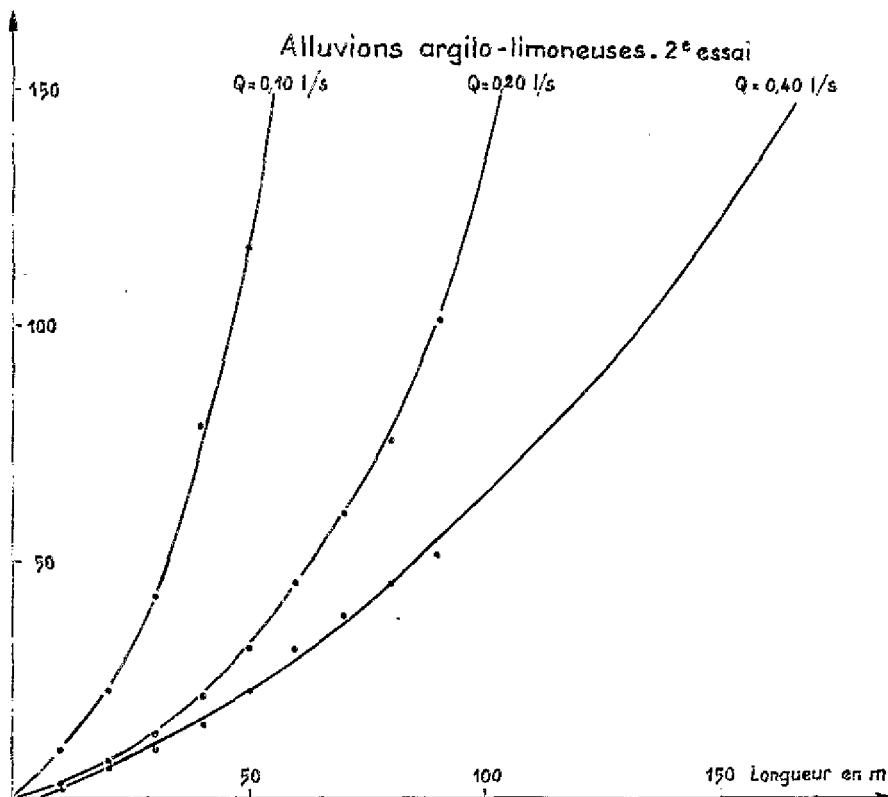
Débit 0,20 l/s

N° raie	1	2	3	4	5	Moyenne
Distance en m	Temps en minute					
10	4	3	3	3	3	3
20	8	8	9	8	8	8
30	15	13	15	14	12	14
40	25	21	25	23	18	22
50	35	30	35	33	29	32
60	53	43	46	49	40	46
70	71	55	59	64	51	60
80	92	66	75	80	66	76
90		84	106	118	82	101

Débit 0,40 l/s

N° raie	1	2	3	4	5	Moyenne
Distance en m	Temps en minute					
10	5	4	2	3	2	3
20	9	7	8	5	4	7
30	13	12	9	9	9	10
40	20	19	13	14	14	16
50	29	27	19	21	20	23
60	37	35	29	28	29	32
70	47	41	37	36	35	39
80	53	47	43	43	42	46
90	60	52	50	53	52	52

Si nous comparons les graphiques n° 11 et 13 où sont tracées les courbes de progression de l'eau le long de la raie pour les deux séries de mesures, nous constatons une diminution très nette de la perméabilité au cours du deuxième essai, celle-ci paraît même s'annuler pour le débit 0,40 l/s; les temps de progression pour les trente derniers mètres se maintenant constant.



Graphique 13

Cette observation, qui avait déjà été faite sur sables roux mais à un degré moindre, n'a rien de surprenant en raison de la forte instabilité des alluvions de surface qui est de l'ordre de 2 si on l'exprime sous forme de $\log 10 \times IS$. Ces alluvions argilo-limoneuses seront toujours très difficiles à réhumidifier en profondeur; la tentative d'irrigation

rationnelle que nous avons tentée par la suite, sur les bases acquises au cours des essais ci-dessus, s'est soldée par un échec car même avec un débit extrêmement faible, la perméabilité s'annule au bout d'un temps réduit, une heure environ, et l'on doit cloisonner les billons pour forcer l'eau à s'infiltrer après une stagnation en charge plus ou moins longue.

RÉSUMÉ - CONCLUSION

Au cours des années 1961 et 1962, l'étude des irrigations a été prise dans son ensemble: besoins en eau d'une culture cotonnière; conduite des irrigations sur deux types de sols.

Les résultats acquis permettent de situer les besoins en eau du cotonnier aux environs de 6 mm/jour, soit 60 m³/ha/jour. La capacité de rétention des sols étudiés permet à ceux-ci d'absorber sans risque de pertes en profondeur un volume d'eau de 600 m³/ha. Le rythme des irrigations s'établit donc à dix jours. Les dates de départ et d'arrêt des irrigations sont essentiellement fonction des dates de semis; à notre avis, cette question demande encore une étude approfondie qui sera entreprise dès la prochaine campagne.

L'étude de la conduite des irrigations a permis de définir les débits à donner en tête de raie en fonction de leur longueur, à condition toutefois que le sol ne se colmate pas. L'instabilité structurale des alluvions de surface des sols du BAS-MANGOKY rend assez aléatoire la constance des normes définies qui peuvent varier non seulement en cours de campagne, mais aussi s'aggraver d'année en année sous l'effet d'un système de production qui négligerait l'amélioration des caractéristiques physiques des sols.

SUMMARY - CONCLUSION

During the years 1961 and 1962, the study on irrigating has been taken up as a whole: Water requirements of a cotton crop — Conducting irrigations on two types of soils.

The results acquired permit to establish that water requirements of the cotton-plant are about 6 mm/day, i.e. 60 m³ per hectare and per day. The water holding capacity of the soils that were studied enables them to absorb a volume of water amounting to 600 m³/ha with no risk of loss in depth. Irrigating rhythm is therefore established at 10 days. The dates when water should be applied and when it should be turned off depend essentially on the sowing dates, in our opinion, this question requires a further thorough study which will be undertaken as early as next season.

The study on irrigation conducting permitted to determine the proper amount of fall at the head of ditches as a function of their length — that is, however provided that the soil does not seal up. Structural instability of surface alluvials in the soils of lower MANGOKY renders fairly aleatory the constancy of the norms defined which may vary not only during the season but which may also deteriorate from year to year under the effect of a production system in which the improvement of soils physical characteristics would be neglected.

RESUMEN - CONCLUSION

En el transcurso de los años 1961 y 1962 se consideró en su conjunto el estudio de las irrigaciones: Necesidades de agua de un cultivo algodónero — Conducción de las irrigaciones en dos tipos de suelos.

Los resultados adquiridos permiten situar las necesidades de agua de las plantaciones de algodón en unos 6 mm/día, o sea 60 m³/ha/día. La capacidad de retención de los suelos estudiados los permite absorber sin peligro de pérdidas en profundidad.

un volumen de agua de 600 m³/ha. El ritmo de las irrigaciones se establece, pues, en 10 días. Las fechas del comienzo y de la parada de las irrigaciones son función esencialmente de las fechas del semillero: a nuestro parecer esta cuestión exige aún un estudio profundo que se llevará a cabo a partir de la próxima campaña.

El estudio de la conducción de las irrigaciones ha permitido definir las cantidades que se han de

utilizar a partir de la cabeza del surco en función de su longitud, a condición de que el suelo no se coime. La inestabilidad estructural de los aluviones de superficie de los suelos del BAS-MANGOKY hace bastante aleatoria la constancia de las normas definidas, pues éstas pueden variar no solamente durante la campaña, sino también pueden agravarse de año en año bajo el efecto de un sistema de producción que descuidase el mejoramiento de las características físicas de los suelos.
